

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



JC542 U.S. PTO

09/275534



03/24/99

Bescheinigung

Die Bayer Aktiengesellschaft in Leverkusen/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Statischer Scheibenmischer"

am 27. März 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol B 01 F 5/02 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 4. Januar 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 13 600.5

Joost

Statischer Scheibenmischer

Es wird ein statisches Mischermodul beschrieben, bestehend aus einer mit einer Vielzahl von Öffnungen versehenen Scheibe, die auf ihrer Vorderseite und auf ihrer Rückseite durch Kanäle strukturiert ist, und bei der die Öffnungen in den Flanken der Eintrittskanäle angebracht sind und in die Flanken der Mischkanäle münden. Ferner wird eine Mischeranordnung beschrieben, die aus wenigstens zwei hintereinander angeordneten statischen Mischermodulen besteht, wobei mindestens ein Mischer ein scheibenförmiges statisches Mischermodul ist. Das Mischermodul und die Mischeranordnung werden in durchströmten Rohrleitungen und Gehäusen eingesetzt.

Gängige statische Mischer sind beschrieben von M.H. Pahl und E. Muschelknautz in „Einsatz und Auslegung statischer Mischer“, Chem.-In.-Tech. 51, Nr. 5, S. 347 - 364 (1979) von Pahl und Muschelknautz in Statische Mischer und ihre Anwendung, Chem.-Ing.-Tech. 52, Nr. 4, S. 285-291; (1980).

Es wird unterschieden zwischen Wendelmischern und anderen Mischern. Der älteste und oft eingesetzte Wendelmischer ist der Kenics-Mischer. Mit Wendelmischern wird der Produktstrom in zwei bis vier Teilströme aufgeteilt. Diese Teilströme werden durch Wendel im Rohr geführt. Die Kanten aufeinander folgender Einzelwendel sind gegeneinander verdreht, so daß es mit jedem weiteren Wendel zu einer neuen Aufteilung des Produktstroms kommt. Die Mischung mit Hilfe von Wendelmischern ist sehr ineffektiv, da sehr lange Mischstrecken benötigt werden.

Ein Statikmischer mit sich kreuzenden Stegen und Platten ist in der DT 23 28 795 beschrieben. Dieser Statikmischer besteht aus mehreren sich kreuzenden, mit Stegen und Schlitzten kammartig ineinander greifenden Scheiben, die geneigt zur Achse des Gehäuses zum Beispiel in einem von Mischgut (Produkt) durchströmten Rohr oder einem durchströmten Kanal montiert sind. Die Scheiben teilen den Produktstrom in eine der Stegzahl entsprechende Anzahl von Teilströmen auf. Um eine gutes Mischergebnis zu erzielen werden mehrere solcher Statikmischer hintereinander

angeordnet und dabei aufeinander folgende Statikmischer um einen festen Winkel gegeneinander verdreht.

5 Die bekannten Kreuz-Steg-Mischer weisen bestimmte Nachteile hinsichtlich ihrer Mischwirkung auf. Beim Durchströmen des Kreuz-Steg-Mischers bilden sich im Produktstrom, in Strömungsrichtung gesehen, Teilströme entlang der Stege. Diese Teilströme können über eine Strecke, die größer als der Durchmesser des den Mischer umgebenden Gehäuses ist, nahezu ungehindert und ohne Durchmischung mit anderen Teilströmen fließen. Diese über lange Strecken ungehindert fließenden Teilströme werden „bevorzugte Strömungskanäle“ genannt.

10 Die bevorzugten Strömungskanäle verhindern ein schnelles und gutes Einmischen einer zusätzlichen Komponente in einen Produktstrom, insbesondere wenn es sich um hochviskose Flüssigkeiten handelt. Nur durch einen vorgegebenen, exakten Winkelversatz von aufeinanderfolgenden Statikmischern werden die bevorzugten Strömungskanäle beim Übergang zum nächsten Statikmischer blockiert und zusätzliche Komponenten besser eingemischt.

15 Die Anforderungen an einen Statikmischer, der im industriellen Maßstab eingesetzt werden soll, gehen noch über ein gutes Mischergebnis bei kurzer Mischstrecke hinaus. Gefordert wird zusätzlich ein niedriger Herstellungsaufwand, einfache Montage und einfache Demontage im Reparaturfall, eine geringe Störanfälligkeit und eine schonende Behandlung des Mischguts durch eine kurze Verweilzeit im Mischer, um eine gute Produktqualität zu erhalten.

25 Auf Grund der ungenügenden Mischwirkung der einzelnen Statikmischer sind eine Vielzahl von einzelnen Mischerelementen einzusetzen. Hierdurch wird die Mischstrecke vergleichsweise lang. Um die Stege der einzelnen kammartig ineinandergreifenden Scheiben zueinander genau und unverrückbar zu fixieren, müssen diese an den Kreuzungspunkten durch Punktschweißung verbunden werden. Bei großen Durchmessern nimmt die Anzahl der zu schweißenden Stellen so stark zu, daß aus Wirtschaftlichkeitsgründen die Zahl der Schweißstellen reduziert werden muß. Dies kann

30

- bei hohen Druckgradienten zu irreparablen Verformungen der Stege führen, da die Mischerelemente den hohen Druckgradienten eventuell nicht mehr standhalten. Ein aus diesen oder anderen Gründen verformtes Mischerelement verursacht im Betrieb einen Strömungswiderstand, der so hoch sein kann, daß ein Verstopfen des Mischrohrs und eine weitere Zerstörung des Mischerelements eintritt. Die Mischerelemente müssen bei Verformung der kammartigen Platten ausgebaut, gereinigt, repariert und wieder eingebaut werden. Oft führt der komplizierte Ausbau aus dem Mischrohr zu weiteren Deformationen an den Elemente, so daß sie komplett ersetzt werden müssen.
- 10 Die lange Mischstrecke bedingt unter Umständen einen hohen Druckverlust und eine lange Verweilzeit der strömenden Flüssigkeit im statischen Mischer. Eine lange Verweilzeit kann sich nachteilig auf die Qualität der Produkte auswirken. Es kann zu Verkrustungen und Schädigung des Produkts innerhalb des Mixers kommen.
- 15 Bei Änderung der verfahrenstechnischen Auslegung z.B. der Vergrößerung des Gehäuse- oder Rohrdurchmessers wegen eines angestiegenen Produktvolumenstroms müssen auch die Mischerelemente neu ausgelegt werden. Eine einfache proportionale Vergrößerung des Mixers mit gleichbleibender Teilungszahl des Hauptstroms führt zu einer zwangsläufigen Vergrößerung der einzelnen Strömungskanäle und damit zu einem schlechteren Mischergebnis, insbesondere wenn der einzumischende Produktstrom sehr viel kleiner ist als der Hauptstrom. Das heißt, die Mischerlänge muß in diesem Fall überproportional steigen, um ein gleichbleibendes Mischergebnis zu erzielen. Werden die Proportionen geändert, dann muß die Mischstrecke mit großem Aufwand bezüglich ihrer Mischwirkung und Stabilität neu ausgelegt werden.
- 25 Neuere Entwicklungen von Mixern sind die gebohrten Mixer. Gebohrte Stangenmischer sind in DE 2 822 096 offenbart. Sie bestehen aus einem zylindrischen Block, dessen Länge größer als sein Durchmesser ist. In diesen Block sind eine Vielzahl von durchgehenden, parallelen Kanälen gebohrt, die sich unter einem Winkel zur Hauptströmungsrichtung gegenseitig schneiden. Dieser Stangenmischer hält hohen Druckgradienten stand. Nachteilig ist, daß die Fertigung des gebohrten Stangenmischers sehr aufwendig und die Auslegung des Mixers nicht variabel ist. So läßt
- 30

sich z.B. der Durchmesser der Kanäle nicht beliebig verkleinern, da Bohrer mit zu kleinem Durchmesser bei der Herstellung der Kanäle die vorgegebene Richtung nicht halten können, sondern beim Bohren verlaufen. Die gebohrten Mischer können daher verfahrenstechnischen Anforderungen nicht frei angepaßt werden. Es können nur in
5 engen Grenzen der Abmessungen Stangenmischer gefertigt werden.

Wie bei den bekannten Statikmischern bilden sich auch beim gebohrten Stangenmischer bevorzugte Strömungskanäle, die eine gute Mischwirkung verhindern. Mehrere hintereinander positionierte gebohrte Stangenmischer müssen in einem definierten
10 Winkel gegeneinander verdreht angeordnet werden, um eine annehmbare Mischwirkung zu erreichen, was die Montage erschwert.

Eine höhere Montagefreundlichkeit und eine höhere Mischwirkung, insbesondere bei hochviskosen Stoffen, versucht man mit dem aus EP 0 195 450 bekannten Komax-
15 Mischer zu erreichen. Der Komax-Mischer besteht aus mehreren zylindrischen Scheiben mit mehreren gleichgroßen Bohrungen parallel zur Zylinderachse. Die Scheiben werden so versetzt hintereinander angeordnet, daß die Bohrungen sich in Strömungsrichtung jeweils teilweise überdecken. Dadurch bilden sich im montierten Zustand Hohlräume. Die radiale Durchmischung ist damit gegenüber dem gebohrten Stangenmischer und den Mischern aus DT 2 328 795 C3 verbessert, da sich keine bevor-
20 zugten Strömungskanäle ausbilden können. Allerdings ist auch die Verweilzeit wegen der nicht gut durchströmten Hohlräume vergrößert.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Nachteile der bekannten statischen Mischer wesentlich zu reduzieren bzw. zu eliminieren. Dazu gehört insbesondere die Erzielung
25 eines vergleichbaren oder besseren Mischergebnisses in einer kürzeren Mischstrecke, die Erniedrigung der Verweilzeit des Mischgutes, die Erhöhung der Stabilität gegen hohe Druckgradienten, die Verbesserung der Montagefreundlichkeit, sowie eine Verringerung des Herstellungsaufwandes.

30

Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe wird erreicht durch ein statisches Mischermodul bestehend aus einer mit einer Vielzahl von Öffnungen versehenen

Scheibe, die auf ihrer dem Mischgut zugewandten Vorderseite und auf ihrer Rückseite durch insbesondere parallel oder konzentrisch verlaufende Kanäle strukturiert ist, und bei der die Öffnungen in den Flanken der Eintrittskanäle angebracht sind und in die Flanken der Mischkanäle münden. Bevorzugt werden mehrere Mischermodule hintereinander angeordnet um die Mischwirkung zu verbessern. Die Öffnungsquerschnitte können eine beliebige Geometrie aufweisen. Sie können beispielsweise quadratisch oder kreisrund sein. Die Öffnungen sind vorzugsweise in einer oder mehreren Reihen über die Flankenfläche verteilt angeordnet.

10 Das Verhältnis von axialer Länge zum Durchmesser ist bei dem statischen Mischermodule vorzugsweise kleiner als 1, bevorzugt kleiner als 0,75, besonders bevorzugt kleiner als 0,25, im Gegensatz zu den bekannten statischen Mischern.

15 Die Eintrittskanäle und/oder Mischkanäle können eine beliebige Form aufweisen. In einer bevorzugten Form des Mischermoduls weisen die Eintrittskanäle und/oder Mischkanäle ein V-, U-, rechteck- oder trapezförmiges Querschnittsprofil auf.

20 Die Eintrittskanäle und/oder Mischkanäle weisen in einer bevorzugten Form, insbesondere bei einer Ausführung mit V-, U-, rechteck- oder trapezförmigem Profil der Kanäle, gerade Flanken auf, die in einem Winkel α von 5 Grad bis 85 Grad zur Scheibenebene der Vorderseite bzw. zur Scheibenebene der Rückseite des Mischermoduls stehen.

25 Unter Scheibenebene wird hierbei die geometrische Ebene verstanden, die die dem anströmenden Mischgut zugewandte äußere Begrenzung der Vorderseite bzw. die abgewandte äußere Begrenzung der Rückseite, d.h. die Vorderkanten oder -flächen rückseitigen Kanten oder Flächen des Mischermoduls schneidet.

30 In einer Variante des statischen Mischermoduls, insbesondere bei einer Ausführung mit V-, U-, rechteck- oder trapezförmigem Profil der Kanäle, sind die Flanken der Eintrittskanäle und/oder der Mischkanäle gerade und stehen in einem Winkel α kleiner als 15 Grad zur Scheibenebene der Vorderseite und/oder seiner Rückseite, wobei das

Mischermodul zusätzliche Abstandskonturen, insbesondere Noppen, Zähne oder Warzen auf seiner Vorderseite und/oder seiner Rückseite aufweist. Bei einer Neigung bis zu 15 Grad werden deshalb zusätzliche Abstandskonturen, z.B. Noppen, Zähne oder Warzen auf der Vorderseite bzw. der Rückseite des Mischers angebracht, damit auch in diesem Fall noch ausreichend große Hohlräume für eine Mischung des Mischgutstromes zwischen z.B. zwei aufeinanderfolgenden gleichartigen Mischermodulen zur Verfügung stehen.

Die Öffnungen in den Flanken des Mischermoduls sind gewöhnlich so angebracht, daß ihre Mittelachse oder ihre Wandung etwa senkrecht zur Ebene der Flanken der Eintrittskanäle und/oder der Mischkanäle steht. Die Mittelachse oder die Wandung der Öffnungen in den Flanken bzw. der Kanäle kann aber auch bevorzugt einen Winkel β von ± 30 Grad zur Flankenenebene bilden.

Je nach dem Strömungsprofil des Mischguts, das das Mischermodul anströmt, kann es von Vorteil sein, über den Strömungsquerschnitt gesehen eine unterschiedliche Mischwirkung oder -intensität im Randbereich oder im Innenbereich des Querschnitts zu erzielen. Hierzu wird das Mischermodul vorzugsweise in zwei oder mehrere Bereiche oder Segmente aufgeteilt, die unterschiedlich angeordnete und/oder unterschiedlich strukturierte Eintrittskanäle und/oder Mischkanäle aufweisen können.

Unterschiedliche Strukturierung heißt, daß sich die Strukturen der Bereiche oder Segmente in der Art des Profils der Kanäle, im Flankenwinkel α , im Verlauf der Kanäle (gerade, parallel, konzentrisch) und/oder in der Anordnung, den Abständen und den Querschnittsflächen der Öffnungen in den Flanken unterscheiden. Segmente sind hier als getrennt gefertigte Teilstücke des Moduls zu verstehen.

In einer bevorzugten Ausführung z.B. zum Einbau in runde Rohrleitungen sind die Grenzen der Bereiche oder Segmente konzentrisch um den Mittelpunkt des Mischermoduls angeordnet.

Eine Variante des statischen Mischermoduls, das in Bereiche oder Segmente aufgeteilt ist, ist so gestaltet, daß seine Ausdehnung in Strömungsrichtung des Mischguts gesehen in den verschiedenen Bereichen oder den Segmenten unterschiedlich lang ist. Dies bedeutet, daß der Abstand der Ebenen der Vorderseite und der Ebenen der Rückseite des Mixers in den verschiedenen Bereichen oder Segmenten unterschiedlich groß ist.

Das statische Mischermodul kann aus beliebigen Werkstoffen, wie Metall, Kunststoff, Keramik oder Glas gefertigt werden. Bevorzugte Werkstoffe sind legierter Stahl, Nichteisen-Metall, thermoplastischer Kunststoff, Glas, Keramik oder katalytisch wirkende Materialien. Das Mischermodul kann auch mit einem katalytisch wirkenden Material beschichtet sein.

Insbesondere bei der Mischung hochviskoser Fluide hat es sich als besonders vorteilhaft erwiesen, mehr als ein statisches Mischermodul im Strömungsweg des Mischgutes anzuordnen, um ein gutes Mischergebnis zu erreichen. Die Mischeranordnung besteht dann aus wenigstens zwei hintereinander angeordneten erfindungsgemäßen, statischen Mischermodulen oder der Kombination von mindestens einem erfindungsgemäßen statischen Mischermodul und einem herkömmlichen statischen Mixer.

Weiterer Gegenstand der Erfindung ist daher auch eine Mischeranordnung bestehend aus wenigstens zwei hintereinander angeordneten statischen Mischerelementen, wobei mindestens ein Mischerelement ein scheibenförmiges erfindungsgemäßes, statisches Mischermodul ist.

In einer bevorzugten Mischeranordnung sind mindestens zwei erfindungsgemäße, scheibenförmige, statische Mischermodule direkt hintereinander angeordnet.

Als besonders vorteilhaft hinsichtlich der Mischwirkung hat es sich erwiesen, eine Mischeranordnung zu wählen, bei der die hintereinander angeordneten, scheibenförmigen, statischen Mischermodule so positioniert sind, daß die Mischkanäle des ersten

Mischermoduls gegen die Eintrittskanäle des nachfolgenden Mischermoduls versetzt oder verdreht angeordnet sind.

5 Eine bevorzugte Mischeranordnung ist dadurch gekennzeichnet, daß die benachbarten scheibenförmigen statischen Mischermodule parallele Scharen von geraden Eintrittskanälen bzw. Mischkanälen aufweisen und die einander zugewandten Mischkanäle und Eintrittskanäle der benachbarten Mischermodule um einen Winkel γ von 5 Grad bis 175 Grad gegeneinander verdreht sind. Die Verdrehung verhindert, daß sich bevorzugte Strömungskanäle bilden, die bei hochviskosem Mischgut eine Gleichverteilung des Mischgutes über den Strömungsquerschnitt behindern.

10 Besondere Eigenschaften erhält man von bevorzugten Mischeranordnungen, die wenigstens ein in Bereiche oder Segmente aufgeteiltes erfindungsgemäßes bevorzugtes Mischermodul aufweisen. Diese Mischeranordnung ist so aufgebaut, daß sich an
15 das statische Mischermodul mit Bereichen oder Segmenten direkt ein Statikmischer anschließt, der ein herkömmlicher Statikmischer oder ein scheibenförmiges statisches Mischermodul ist, dessen äußere oder innere Kontur den Grenzen der Bereiche oder Segmente angepaßt ist, und der in die Bereiche oder Segmente des scheibenförmigen, statischen Mischermoduls eingreift, die einen kleineren Abstand der Scheibenebene der Vorderseite und der Scheibenebene der Rückseite aufweisen, als die übrigen Bereiche oder Segmente.

20 Die Aufeinanderfolge des Statikmischers und des in Bereiche oder Segmente aufgeteilten, scheibenförmigen, statischen Mischermoduls ist dabei beliebig.

25 Eine besonders bevorzugte Ausführung der vorgenannten Mischeranordnung ist so ausgebildet, daß der eingreifende Statikmischer mit dem Ende bzw. mit dem Anfang des aufgeteilten Mischermoduls abschließt. Das heißt, daß die Einheit aus scheibenförmigem, statischem Mischermodul und eingreifendem Statikmischer so ausgeführt
30 ist, daß der eingreifende Statikmischer mit der Scheibenebene der Vorderseite oder der Scheibenebene der Rückseite der Segmente oder Bereiche abschließt, die einen maximalen Abstand zu den Ebenen der Vorderseite bzw. der Rückseite aufweist.

Weiterer Gegenstand der Erfindung ist ein Mischerpaket mit wenigstens zwei erfindungsgemäßen, statischen Mischermodule oder wenigstens einer erfindungsgemäßen Mischeranordnung bei dem das Mischermodule bzw. die Mischeranordnung in ein von Mischgut durchströmtes Rohr so eingebaut ist, daß die Vorderseite des Mischermoduls bzw. des Mischermoduls aus der Mischeranordnung entgegen der Strömungsrichtung des Mischgutes zeigt.

Die erfindungsgemäße Mischeranordnung bzw. die Mischermodule ermöglichen eine kleine und kompakte Bauweise von Statikmischern, die besser in Produktionsanlagen eingebunden werden können, als die Mischer des Standes der Technik. Aufgrund der kürzeren Mischstrecke ist auch die Produktverweilzeit in der Mischstrecke niedriger, was sich positiv auf die Produktqualität auswirkt.

Kürzere Mischstrecken können zu niedrigeren Druckverlusten führen. Die Störanfälligkeit der Mischeranordnung, insbesondere ihre Druckempfindlichkeit ist deutlich reduziert, da für den Aufbau der Mischermodule keine Verbindungsschweißungen oder Ähnliches nötig sind. Die einzelnen Mischermodule können aus einem Teil gefertigt werden, z.B. durch Gieß- oder Umformtechnik. Die Module können zur einfacheren Montage in gewünschten Montageeinheiten mit Montagestangen mit entsprechender Länge oder mit Montagedrähten zusammengefaßt werden. Eine Vereinfachung der Montage ist durch z.B. induktives Schweißen oder einfaches Aufreihen auf einen Montagedraht möglich.

Im Falle einer Demontage der Mischeranordnung wird eine Beschädigung einzelner Module dadurch vermieden, daß diese gegenüber einem einwirkenden Preßstempel zum Austreiben der Mischeranordnung aus einer Rohrleitung bruchstabiler sind. Die Montage und auch die Remontage des Mischers sind sehr einfach, da eine exakte Positionierung und Verdrehung der Module zueinander nicht nötig ist, um ein bestimmtes Mischergebnis zu erzielen. Eine beliebige Verdrehung der statischen Mischermodule in einer Mischeranordnung verhindert bevorzugte Strömungskanäle und führt zu einem guten Mischergebnis. Ein besonderer Vorteil der erfindungsgemä-

Ben statischen Mischermodule ist die problemlose Vergrößerung der Mischermodule bei steigendem hydraulischem Durchmesser des Strömungskanals. Unter Beibehaltung der Strukturierung der Vorder- und Rückseite der Module wird die gleiche Strukturierung nur auf einer größeren Fläche fortgesetzt. Die Zahl der Öffnungen pro Fläche und somit die lokalen Mischverhältnisse an jedem Punkt des Querschnitts des Einströmkanals bleiben gleich.

Die erfindungsgemäßen statischen Mischeranordnungen können flexibel, schnell und preiswert auf die unterschiedlichsten Mischaufgaben angepaßt werden. Einerseits können vorgegebene Mischermodule beliebig miteinander kombiniert werden. Andererseits können die einzelnen Module ohne großen Aufwand entsprechend den Anforderungen strukturiert werden, so daß Druckgradienten und Geschwindigkeiten des strömenden Mischgutes erzeugt werden können. Die Anzahl der erzeugten Teilströme kann in weiten Grenzen beliebig eingestellt werden. Diese Parameter können an die Verhältnisse im Mischgut bezüglich Viskosität, Volumenverhältnissen der zu mischenden Produktströme und deren Stromdurchmesser angepaßt werden, um ein optimales Mischergebnis zu erbringen.

Die erfindungsgemäßen Mischermodule bzw. Mischeranordnungen können für die Flüssig-Flüssig-Mischung von Farbstoffen bzw. Additiven in Polymerschmelzen zur Vermischung von Komponenten von gleicher oder unterschiedlicher Viskosität eingesetzt werden. Sie können auch für das Vermischen von flüssigen und gasförmigen Stoffströmen verwendet werden, wobei z.B. die gasförmige Komponente ein Schleppmittel für das Entfernen unerwünschter flüchtiger Nebenkompenten sein kann. Bei Verwendung von Modulen oder Mischeranordnungen mit katalytisch wirkenden Oberflächen können große Reaktionsflächen für die heterogene Katalyse bereitgestellt werden. Im Falle von beheizten Rohrleitungen kann der Wärmeübergang von den in der Rohrleitung befindlichen Modulen bzw. Mischeranordnungen auf das Mischgut, insbesondere bei hochviskosen Stoffen, verbessert werden, wenn ein äußerer geschlossener Ring an den Statikmischer angebracht wird, der eine einfache Anpassung durch einen kleinen definierten Spalt an das Rohrinne ermöglicht.

Die erfindungsgemäßen Mischermodule bzw. Mischeranordnungen sind ebenso zum Zerkleinern von Feststoffagglomeraten in einer Flüssigphase geeignet. Die erfindungsgemäßen Statikmischer können als Packungen in Trennkolonnen eingesetzt werden und den thermischen Stofftrennprozeß fördern. Die Statikmischermodule können auch
 5 in Mikrostrukturtechnik hergestellt und für Anwendungen im Bereich der Mikrostrukturtechnik zum Einsatz kommen.

Die Erfindung wird nachstehend anhand der Figuren beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

10



Fig. 1a-c Aufsicht und Querschnitte eines statischen Mischermoduls.

Fig. 2 Querschnitt eines statischen Mischermoduls mit flachen Flanken und Abstandsnoppen, Warzen und Zähnen.

15

Fig. 3a-c Aufsicht auf statische Mischermodule mit verschiedenen äußeren Konturen, die in mehrere Bereiche oder Segmente mit unterschiedlicher Strukturierung eingeteilt sind.

Fig. 4a,b Mischer mit unterschiedlichen Dicken in verschiedenen Bereichen/Segmenten.

Fig. 5a-d Mischeranordnung aus vier Mischermodulen.

20



25

Fig. 1a zeigt die Aufsicht auf ein statisches Mischermodul 10 zum Einbau in ein Rohr 30 mit kreisförmiger Querschnittsfläche. Die Kanäle 4,5 verlaufen parallel. Die runden Öffnungen 6 sind in regelmäßigen Abständen angeordnet. Fig. 1b zeigt das Mischermodul 10 im Querschnitt wie es in ein Rohr 30 eingebaut ist. Der Querschnitt des statischen Mischermoduls in Fig. 1c zeigt ein V-förmiges Profil der Kanäle 4, 5. In den Flanken 8 der Eintrittskanäle 4 auf der Vorderseite 2 und in den Flanken 9 der Mischkanäle 5 auf der Rückseite 3 des Mischermoduls 10 befinden sich die Öffnungen 6. α bezeichnet den Winkel zwischen der Scheibenebene 13 und der Flankenebene 17.

30

Fig. 2 zeigt den Querschnitt eines statischen Mischermoduls, bei dem die Flanken 8 der Eintrittskanäle auf der Vorderseite 2 und die Flanken 9 der Mischkanäle auf der

Rückseite 3 gerade und parallel zueinander sind. Die Flankenebene 17 liegt unter einem Winkel α kleiner als 15 Grad zur Scheibenebene 13. Das Mischermodule weist zusätzlich Noppen 15a, Zähne 15b und Warzen 15c als Abstandskonturen auf der Vorderseite 2 und der Rückseite 3 auf. Die Mittelachse 16 der Öffnungen 6 steht unter dem Winkel $\beta = 90^\circ$ zur Flankenebene 17.

Die Fig. 3a-c zeigen Aufsichten auf verschiedene statische Mischermodule 103a-c in schematischer Darstellung. Das Mischermodule 103a in Fig. 3a hat eine rechteckige Grundfläche. Es ist in drei ineinanderliegende Bereiche 111a, 111b, 111c aufgeteilt, die jeweils unterschiedlich strukturiert sind. Das Mischermodule 103b in Fig. 3b hat ebenfalls eine rechteckige Grundfläche und ist aus den beiden Segmenten 121a, 121c und einem Mittelsegment 121b zusammengesetzt. Alle drei Segmente 121a-c sind unterschiedlich strukturiert. Das Mischermodule 103c in Fig. 3c hat eine kreisförmige Grundfläche. Es ist zusammengesetzt aus zwei ineinanderliegenden konzentrischen Mischermodule-Segmenten 122a, 122b mit unterschiedlicher Strukturierung und einem Statikmischer 123 konventioneller Bauart in der Mitte.

Fig. 4a zeigt vereinfacht ein statisches Mischermodule 104a, das in zwei um seinen Mittelpunkt konzentrische Bereiche 114a, 114b eingeteilt ist und bei dem der Abstand der Ebene 131a der Vorderseite 2 und der Ebene 181a der Rückseite 3 des Mischermoduls größer ist als der Abstand der Ebene 131b der Vorderseite 2 und der Ebene 181b der Rückseite 3.

Fig. 4b zeigt ein statisches Mischermodule 104b, das in zwei um seinen Mittelpunkt konzentrische Segmente 124a, 124b eingeteilt ist und bei dem der Abstand der Ebene 132a der Vorderseite 2 und der Ebene 182a der Rückseite 3 des Mischermoduls kleiner ist als der Abstand der Ebene 132b der Vorderseite 2 und der Ebene 182b der Rückseite 3.

Fig. 5a zeigt eine Seitenansicht einer Mischieranordnung 20, die in ein Rohr 30 eingebaut ist, bestehend aus vier Mischermodulen 105b, 105c, 105d, 105c. In den Fig. 5b-d sind die drei verschiedenen Mischermodule, die in der Mischieranordnung 20 einge-

setzt werden, in Aufsicht und im Querschnitt dargestellt, wobei die Kanäle des Querschnitt-Profils mit schmalen Hilfslinien den entsprechenden Kanälen in der Aufsicht zugeordnet sind. In Fig. 5b ist das statische Mischerm modul 105b abgebildet. Es hat einen dem Durchmesser von Rohr 30 entsprechenden Außendurchmesser und runde Öffnungen 6b. Fig. 5c zeigt die Geometrie des Mischerm moduls 105c, das in der Mischieranordnung 20 zweimal eingesetzt wird. Es hat einen kleineren Außendurchmesser als der Rohrdurchmesser und ist anders strukturiert als die Mischermodule 105b und 105d. Die Öffnungen 6c sind rechteckig. Um das Mischerm modul 105c, das zwischen den Mischerm moduln 105b und 105d in die Mischieranordnung 20 eingebaut wird, bildet sich ein Hohlraum 31. In Fig. 5d ist das Mischerm modul 105d abgebildet. Es ist genauso strukturiert wie das Mischerm modul 105b und hat denselben Außendurchmesser. Im Unterschied zu 105b ist es in einem inneren Bereich 115b weniger dick als im äußeren Bereich 115a. In diese Aussparung 115b greift bei der zusammengesetzten Mischieranordnung 20 aus Fig. 5a eines der beiden Mischermodule 105c ein. Darüber hinaus wird das Mischerm modul 105d so in die Mischieranordnung 20 eingebaut, daß die Kanäle 4d um den Winkel γ gegen die Kanäle 4b des Mischerm moduls 105b verdreht sind.

Beispiel

Zur Bewertung der Mischqualität von erfindungsgemäßen statischen Mischermodule (SMM) nach Fig. 1a wurden Vergleichsversuche durchgeführt.

5

Der Außendurchmesser der bei dem Vergleichsversuch eingesetzten Mischermodule betrug 20 mm, der Flankenwinkel α 45 Grad, der Durchmesser der Öffnungen 3 mm und die Gesamtzahl der Öffnungen in jedem Modul 24,5. Es wurden 86 dieser Mischermodule hintereinander angeordnet, wobei aufeinander folgende Module mit ihren Mischkanälen jeweils um einen Winkel γ von etwa 90 Grad verdreht waren. Die Länge der Mischstrecke bestehend aus den 86 Mischermodule betrug etwa 300 mm.

10

Zum Vergleich wurden ein Wendelmischer (WM) und ein Kreuz-Steg-Mischer (X-SM) für dieselbe Mischaufgabe eingesetzt.

15

In einem Rohr mit 20 mm Durchmesser wurden zwei Kunststoffschmelzen mit einer Viskosität von ca. 600 Pa·s gemischt. Es handelte sich um ein sprödes thermoplastisches Polymer, dem eine elastische Polymerkomponente zugemischt werden mußte, um die Geschmeidigkeit des Thermoplasten zu erhöhen. Je besser und homogener die Einmischung der elastischen Komponente in den spröden Kunststoff erfolgt, umso größer ist die Auswirkung auf die Materialeigenschaft des Kunststoffgemisches, in diesem Fall die Geschmeidigkeit. Mit den aus den Mischversuchen resultierenden Kunststoffmischungen wurden jeweils 10 Prüfkörper gespritzt. Die Prüfkörper wurden in einer Prüfmaschine unter Normbedingungen einem Schlagzähigkeitstest nach Izod unterworfen. Dabei wurden im Fall der Verwendung des Mixers vom Typ WM alle Prüfkörper zerstört, in den beiden anderen Fällen nur einer von 10. Das heißt, der Mischer WM hat das Mischziel nicht erreicht. Die Länge des Mischer WM betrug 1000 mm, die Länge des Typs X-SM 350 mm und die Länge des statischen Mischermodule SMM 300 mm. Der Herstellungsaufwand für die einzelnen Mixer spiegelt sich in den relativen Kosten für die Herstellung des Mixers wieder und ist für den Typ X-SM am größten. Der Unterschied rührt daher, daß der Mischer X-SM als Ein-

20

25

30

zelstück geschweißt werden muß, während die Module des Mischers vom Typ SMM in einfacher Gießtechnik gefertigt werden konnten.

5 Die Tabelle faßt die Ergebnisse des Vergleichsversuchs zusammen. Die Mischerlängen wurden auf den Längsten der getesteten Mischer normiert (1000 mm = 100 %) und die Kosten auf den aufwendigsten und damit teuersten Mischer mit 100 % normiert.

	Mischer	Mischerlänge (%)	Mischziel	Kosten (%)
10	WM	100	nein	30
	X-SM	35	ja	100
	SMM	30	ja	30

Patentansprüche

1. Statisches Mischerm modul (10) bestehend aus einer mit einer Vielzahl von Öffnungen (6) versehenen Scheibe, die auf ihrer dem Mischgut zugewandten Vorderseite (2) und auf ihrer Rückseite (3) durch insbesondere parallel oder konzentrisch verlaufende Kanäle (4) und (5) strukturiert ist, und bei der die Öffnungen (6) in den Flanken (8) der Eintrittskanäle (4) angebracht sind und in die Flanken (9) der Mischkanäle (5) münden.
5
2. Statisches Mischerm modul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittskanäle (4) und/oder Mischkanäle (5) gerade Flanken, aufweisen, die in einem Winkel α von 5 Grad bis 85 Grad zur Scheibenebene (13) der Vorderseite (2) und/oder der Rückseite (3) stehen.
10
3. Statisches Mischerm modul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Flanken (8) der Eintrittskanäle (4) und/oder die Flanken (9) der Mischkanäle (5) gerade sind und in einem Winkel α kleiner als 15 Grad zur Scheibenebene (13) der Vorderseite (2) und/oder der Rückseite (3) stehen und daß das Mischerm modul zusätzliche Abstandskonturen, insbesondere Noppen (15a), Zähne (15b) oder Warzen (15c) auf der Vorderseite (2) und/oder der Rückseite (3) aufweist.
15
20
4. Statisches Mischerm modul nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittelachse (16) oder die Wandung der Öffnungen (6) in den Flanken der Kanäle einen Winkel β von ± 30 Grad zur Flankenebene (17) bildet.
25
5. Statisches Mischerm modul nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Eintrittskanäle (4) und/oder Mischkanäle (5) ein V-, U-, rechteck- oder trapezförmiges Querschnittsprofil aufweisen.
30

- 5
6. Statisches Mischermodule nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischermodule in zwei oder mehrere Bereiche oder Segmente aufgeteilt ist, die unterschiedlich angeordnete und/oder unterschiedlich strukturierte Eintrittskanäle und/oder Mischkanäle haben.
- 10
7. Statisches Mischermodule nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischermodule in zwei oder mehrere Bereiche oder Segmente aufgeteilt ist, die unterschiedliche Abstände der Öffnungen zueinander und/oder eine unterschiedliche Querschnittsfläche der Öffnungen aufweisen.
- 15
8. Statisches Mischermodule nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Grenzen der Bereiche oder Segmente konzentrisch um den Mittelpunkt des Mischermoduls angeordnet sind.
- 20
9. Statisches Mischermodule nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand der Ebenen der Vorderseite und der Ebenen der Rückseite des Mischers in den verschiedenen Bereichen oder Segmenten unterschiedlich groß ist.
- 25
10. Statisches Mischermodule nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Mischer aus legiertem Stahl, Nichteisen-Metall, Kunststoff, Glas, Keramik oder katalytisch wirkender Legierung besteht.
- 30
11. Mischieranordnung bestehend aus wenigstens zwei hintereinander angeordneten statischen Mischerelementen dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Mischerelement ein scheibenförmiges statisches Mischermodule nach einem der Ansprüche 1 bis 10 ist.
12. Mischieranordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß in der Mischieranordnung mindestens zwei scheibenförmige statische Mischermodule nach einem der Ansprüche 1 bis 10 direkt hintereinander angeordnet sind.

13. Mischeranordnung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß die scheibenförmigen statischen Mischermodule so positioniert sind, daß die Mischkanäle des ersten Mischermoduls gegen die Eintrittskanäle des zweiten Mischermoduls versetzt oder verdreht angeordnet sind.
14. Mischeranordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die benachbarten scheibenförmigen statischen Mischermodule und parallele Scharen von geraden Eintrittskanälen und Mischkanälen aufweisen und die einander zugewandten Mischkanäle und Eintrittskanäle der benachbarten Mischermodule um einen Winkel γ von 5 Grad bis 175 Grad gegeneinander verdreht sind.
15. Mischeranordnung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung wenigstens ein scheibenförmiges statisches Mischermodul nach Anspruch 7 aufweist, wobei sich an das statische Mischermodul mit Bereichen oder Segmenten direkt ein Statikmischer anschließt, der ein herkömmlicher Statikmischer oder ein scheibenförmiges statisches Mischermodul ist, dessen äußere oder innere Kontur den Grenzen der Bereiche oder Segmente angepaßt ist und der in die Bereiche oder Segmente des scheibenförmigen, statischen Mischermoduls eingreift, die einen kleineren Abstand der Scheibenebene der Vorderseite und der Scheibenebene der Rückseite aufweisen, als die übrigen Bereiche oder Segmente.
16. Mischeranordnung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Einheit aus scheibenförmigem statischem Mischermodul und eingreifendem Statikmischer so ausgeführt sind, daß der eingreifende Statikmischer mit der Ebene der Vorderseite oder der Ebene der Rückseite der Segmente oder Bereiche abschließt, die einen maximalen Abstand zu den Ebenen der Vorderseite bzw. der Rückseite aufweist.

17. Mischerpaket mit wenigstens zwei statischen Mischern oder einer Mischanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß das Mischern oder die Mischanlage in ein von Mischgut durchströmtes Rohr so eingebaut ist, daß die Vorderseite eines einzelnen Mischerns bzw. eines Mischerns aus der Mischanlage entgegen der Strömungsrichtung des Mischgutes zeigt.
- 5

Statischer Scheibenmischer

Z u s a m m e n f a s s u n g

Statisches Mischermodul bestehend aus einer mit einer Vielzahl von Öffnungen versehenen Scheibe, die auf ihrer Vorderseite und auf ihrer Rückseite durch Kanäle strukturiert ist, und bei der die Öffnungen in den Flanken der Eintrittskanäle angebracht sind und in die Flanken der Mischkanäle münden. Ferner wird eine Mischeranordnung beschrieben, die aus wenigstens zwei hintereinander angeordneten statischen Mischermodulen besteht, wobei mindestens ein Mischer ein scheibenförmiges statisches Mischermodul ist. Das Mischermodul und die Mischeranordnung werden in durchströmten Rohrleitungen und Gehäusen eingesetzt.

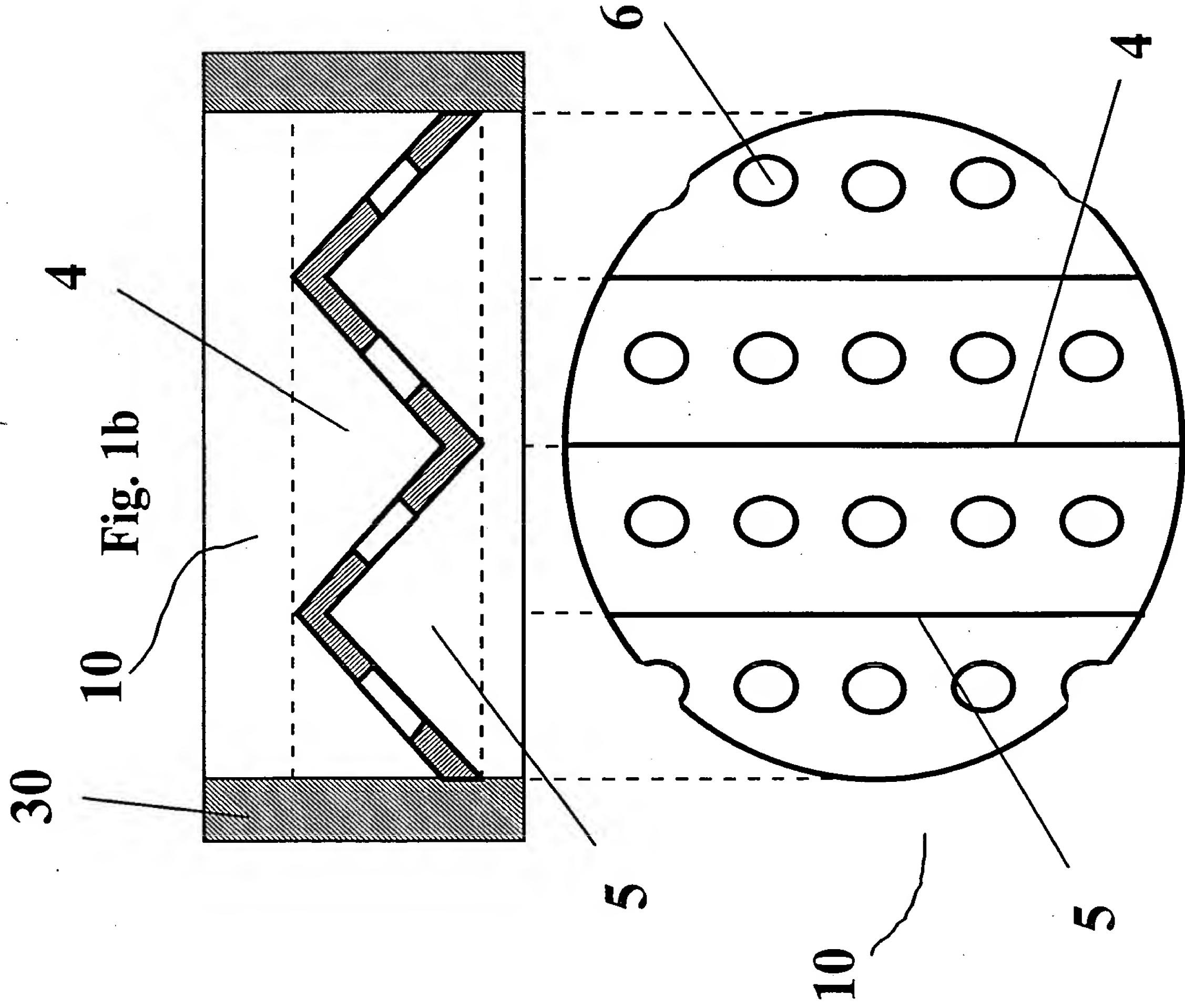


Fig. 1a

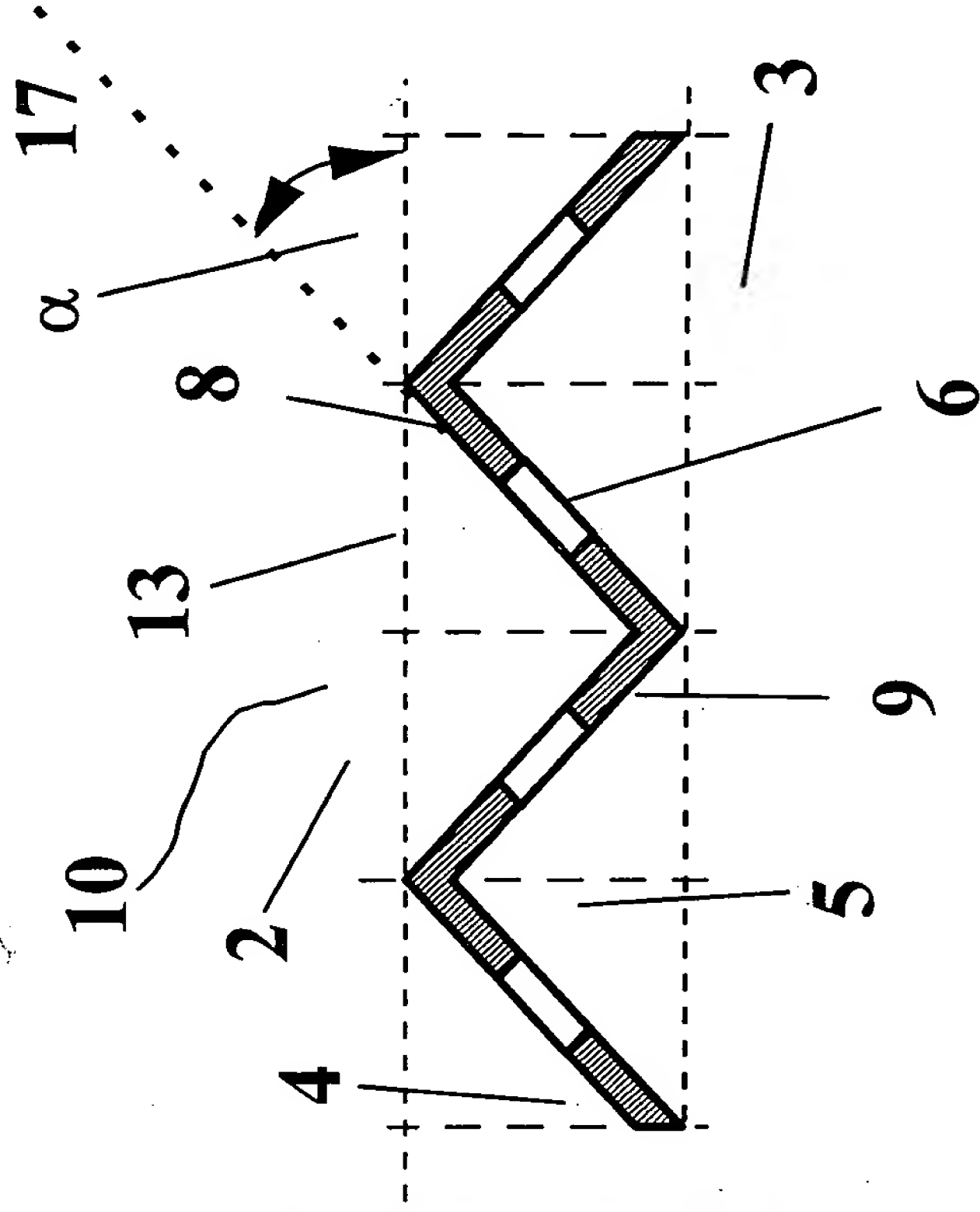
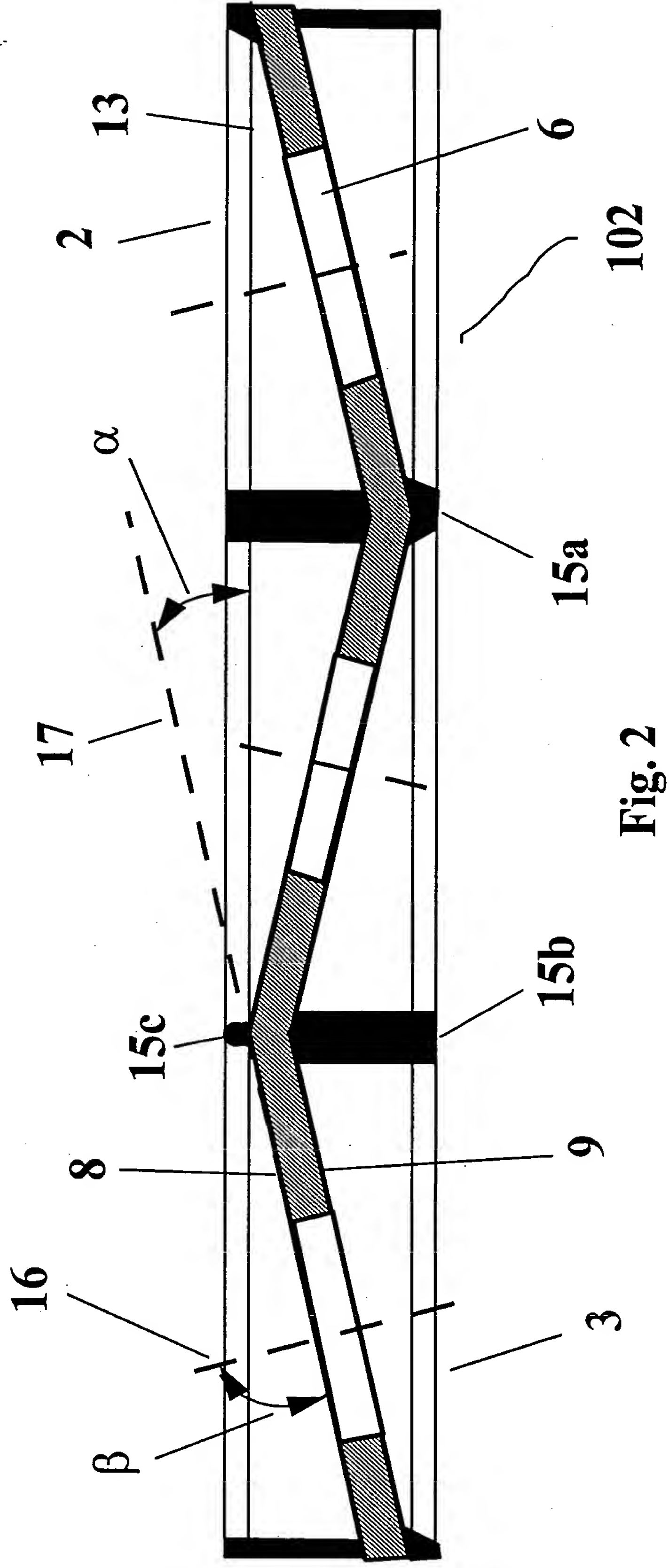


Fig. 1c



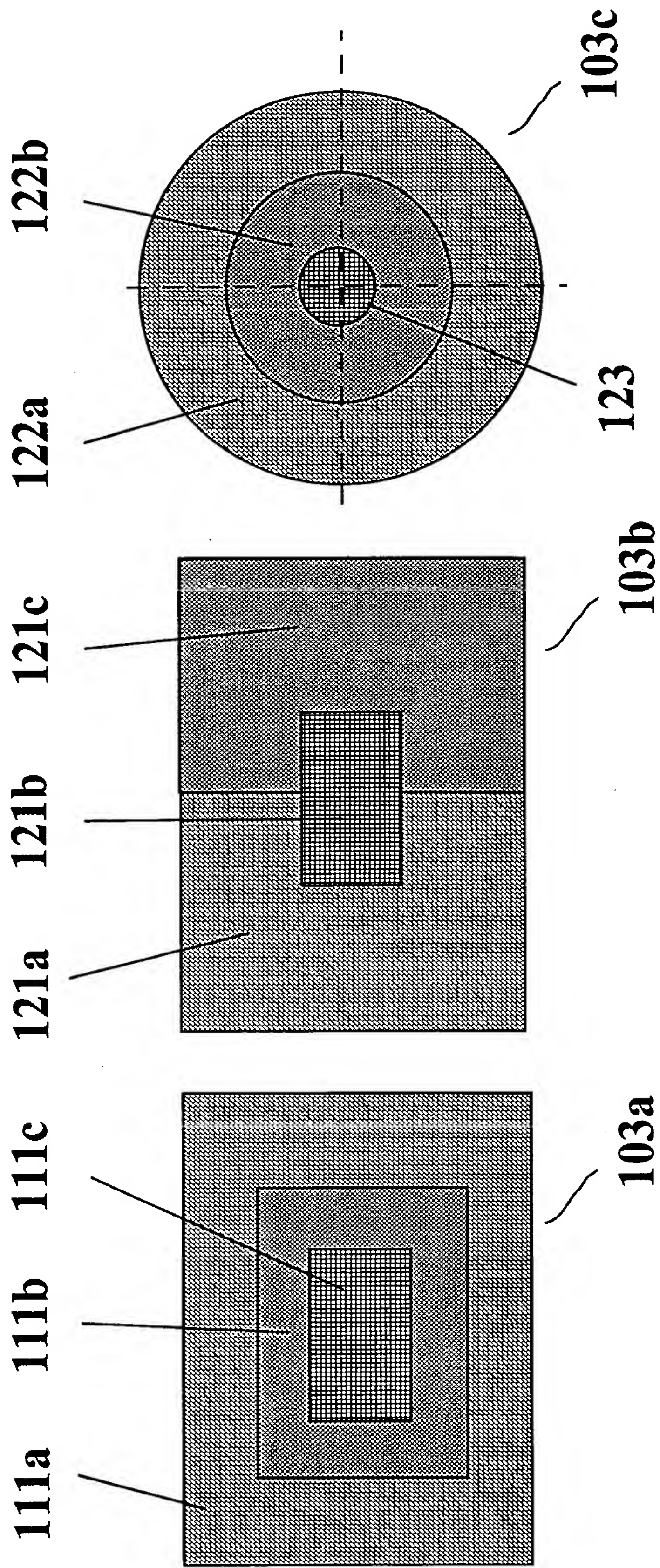


Fig. 3a

Fig. 3b

Fig. 3c

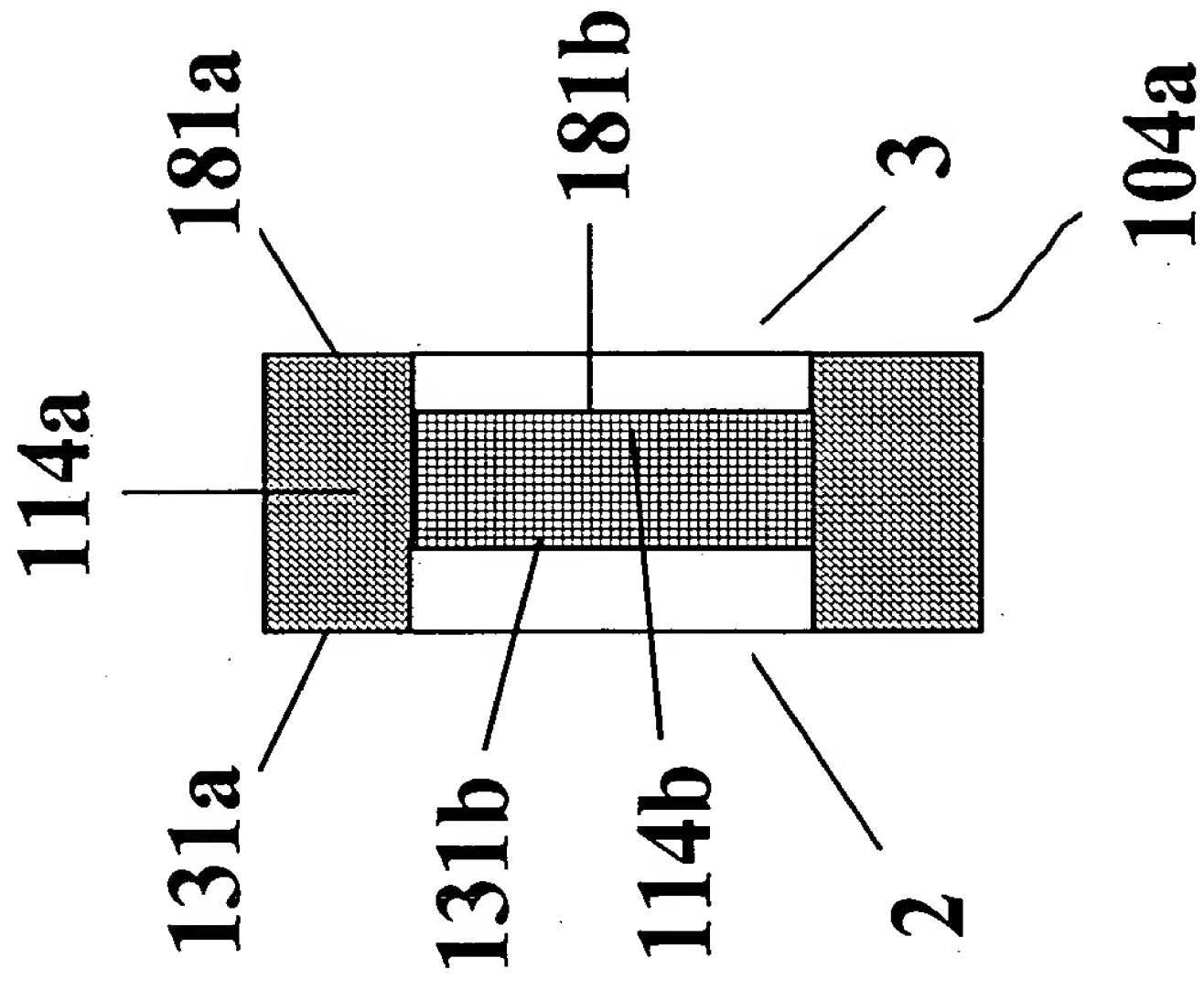


Fig. 4a

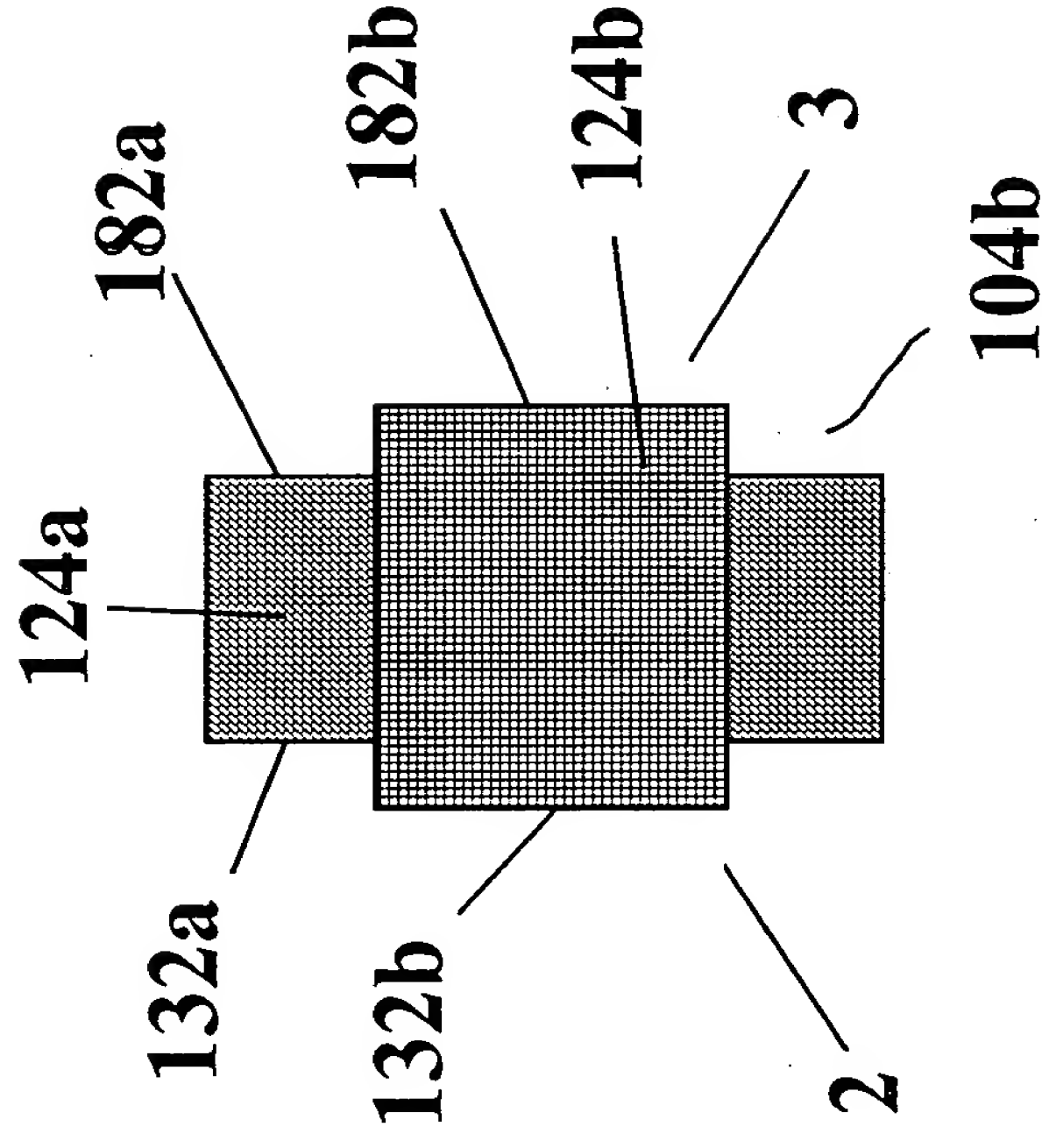


Fig. 4b

